

ФОРМИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАРЬЕРНОГО ЭКСКАВАТОРА

К. Ю. Летнев,

старший преподаватель

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург

Аннотация. Установлено, что в процессе экскавации грунта при совместном действии приводов главных механизмов карьерного экскаватора (подъема и напора) происходит изменение уровня энергопотребления как отдельных приводов, так и в целом силовой установки. Предложена методика расчета энергетической характеристики карьерного экскаватора при отработке забоя в конкретных горнотехнических условиях работы на основе имитационной модели рабочего процесса карьерного экскаватора.

Ключевые слова: карьерный экскаватор, привода главных механизмов, энергоемкость процесса экскавации, энергетическая характеристика.

FORMATION OF ENERGY CHARACTERISTICS FOR OPEN-PIT EXCAVATORS

Abstract. It has been established that the process of earth excavation, realized via joint action of drives in the main (lifting and thrusting) mechanisms of an open-pit excavator, is characterized by a change in the level of energy consumption in both individual drives and the power unit as a whole. A method is proposed for calculating the energy characteristics of an open-pit excavator when working out an excavation face in specific mining conditions based on a simulation model for the working process of an open-pit excavator.

Keywords: open-pit excavator, drives of main mechanisms, energy-intensity of excavation process, energy characteristics.

Обзор публикаций по проблеме энергосбережения и повышения энергетической эффективности оборудования [1–3] показал, что они посвящены в основном методологическим аспектам потребления энергетических ресурсов и выявлению резервов повышения энергетической эффективности. Вместе с тем вопросы формирования энергозатрат при функционировании оборудования и определения рационального уровня энергопотребления для конкретных условий эксплуатации рассмотрены не в полной мере.

Целью данного исследования является обоснование энергетической характеристики карьерного экскаватора, определяющей взаимосвязи между горнотехническими условиями работы и эксплуатационными показателями экскаватора — производительностью и энергопотреблением.

На основе имитационной модели процесса экскавации горных пород [4–6] проведен вычислительный эксперимент по расчету режимных параметров главных механизмов и мгновенных мощностей усилий подъема и напора для карьерного экскаватора ЭКГ-20А производства ПАО «Уралмашзавод».

Исходные данные для расчета: скорость копания $V_k = 1$ м/с; угол наклона касательной к траекто-

рии перемещения ковша $\psi = 60^\circ$. В таблице приведены расчетные значения режимных параметров главных механизмов.

Величина энергопотребления определяется в зависимости от значений мгновенных мощностей усилий подъема и напора, и составит

$$\Theta = \sum_{i=1}^n 0,5(P_i + P_{i+1})\Delta t, ,$$

где P_i и P_{i+1} — значения мгновенных мощностей усилий подъема и напора для i -й и $(i + 1)$ -й точек траектории перемещения ковша (вершины режущей кромки); Δt — длительность перемещения ковша на отрезке $(i, i + 1)$.

На основе полученных единичных энергетических характеристик может быть определен интегральный показатель — энергоемкость процесса экскавации для конкретных горнотехнических условий эксплуатации и при заданной схеме отработки забоя.

Энергоемкость процесса экскавации составит

$$a = \frac{\Theta_{\text{сум}}}{V},$$

где $\Theta_{\text{сум}}$ — суммарное энергопотребление двигателем подъема и напора при отработке фрагмента

Режимные параметры главных механизмов экскаватора ЭКГ-20А при высоте копания 12 м

№ п/п	Координаты звена «рукоять — ковш» — точки К		Скорости подъема и напора		Усилия подъема и напора		Мощности усилий	
	X_K , м	Y_K , м	V_n , м/с	V_h , м/с	F_n , кН	F_h , кН	P_n , кВт	P_h , кВт
Начальная траектория ($X_{K0} = 9$ м — радиус копания на уровне стояния экскаватора)								
1	9,0	0	0,95	–0,87	437	–581	415	504
2	10,15	2	0,92	–0,81	509	–577	465	465
3	11,30	4	0,84	–0,70	574	–588	481	410
4	12,45	6	0,70	–0,51	692	–581	481	294
5	13,60	8	0,52	–0,19	916	–583	480	113
6	14,75	10	0,50	0,19	1240	–673	626	126
7	15,90	12	0,66	0,50	1585	–840	1039	422
Средняя траектория ($X_{K0} = 12$ м — радиус копания на уровне стояния экскаватора)								
8	12,0	0	0,90	–0,72	678	–341	613	246
9	13,15	2	0,85	–0,61	723	–351	617	214
10	14,30	4	0,78	–0,45	764	–358	596	160
11	15,45	6	0,70	–0,23	847	–333	589	75
12	16,60	8	0,65	0,04	951	–289	614	11
13	17,75	10	0,66	0,29	1047	–219	687	64
14	18,90	12	0,69	0,50	1102	–89	763	45
Конечная траектория ($X_{K0} = 15$ м — радиус копания на уровне стояния экскаватора)								
15	15,0	0	0,85	–0,55	857	–121	728	67
16	16,15	2	0,80	–0,42	893	–114	713	48
17	17,30	4	0,74	–0,24	930	–89	690	22
18	18,45	6	0,69	–0,04	974	–32	670	1
19	19,60	8	0,64	0,16	1027	70	661	11
20	20,75	10	0,60	0,35	1083	233	646	81
21	21,90	12	0,51	0,50	1143	483	578	242

экскаваторного забоя; V — объем фрагмента забоя, ширина которого равна ширине ковша.

Расчетная величина энергоемкости экскавации составила при высоте забоя 12 м — $a_{12} = 1010$ кПа, а при максимальной высоте копания 17 м — $a_{17} = 1330$ кПа.

Таким образом, на основе имитационной модели процесса экскавации горных пород карьерным экскаватором производится оценка как единичных

энергетических характеристик, так и энергоемкости процесса экскавации в целом. Обоснование энергетических характеристик процесса экскавации горных пород рабочим оборудованием карьерного экскаватора позволит создать систему мониторинга энергопотребления при отработке экскаваторного забоя в конкретных горнотехнических условиях эксплуатации.

Список литературы

1. Берман А. В., Воронков Г. Я., Гайнуллин Р. Р. Метод определения энерговооруженности рабочего процесса экскавации во взаимосвязи с параметрами массива горных пород // Открытые горные работы. 2000. № 3. С. 25–28.
2. Комиссаров А. П. Метод оценки рабочих параметров карьерного экскаватора в конкретных условиях эксплуатации // Горные машины и автоматика. 2003. № 6. С. 33–35.
3. Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности в АК «АЛРОСА» / Н. А. Соловьева, А. И. Крашенинников, И. В. Зырянов, А. В. Рыбников // Горное оборудование и электромеханика. 2016. № 2. С. 16–19.
4. Гафурьянов Р. Г., Комиссаров А. П., Шестаков В. С. Моделирование рабочего процесса карьерных экскаваторов // Горное оборудование и электромеханика. 2009. № 6. С. 40–45.

5. Комиссаров А. П., Летнев К. Ю., Лукашук О. А. Анализ двухкривошипно-рычажных механизмов рабочего оборудования карьерных экскаваторов // Технол. оборудование для горной и нефтегазовой промышленности : сб. трудов XV Междунар. науч.-техн. конф. «Чтения памяти В. Р. Кубачека» (Екатеринбург, 20–21 апр. 2017 г.). Екатеринбург : Изд. УГГУ, 2017. С. 41–46.

6. Комиссаров А. П., Летнев К. Ю. Разработка имитационной модели процесса экскавации горных пород рабочим оборудованием прямая лопата карьерного экскаватора // Технол. оборудование для горной и нефтегазовой промышленности : сб. трудов XVII Междунар. науч.-техн. конф. «Чтения памяти В. Р. Кубачека» (Екатеринбург, 04–05 апр. 2019 г.). Екатеринбург : Изд. УГГУ, 2019. С. 267–270.